

OPINNÄYTETYÖ

Joni Ojala 2012

**LINEAARISEN JA NONLINEAARISEN
KUORMITUSMALLIEN VAIKUTUKSET
JUOKSUNOPEUTEEN NUORILLA URHEILJOILA**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences

LUC

LIIKUNTA JA VAPAA-AIKA

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

Liikunta ja vapaa-aika

Opinnäytetyö

LINEAARISEN JA NONLINEAARISEN KUORMITUSMALLIEN VAIKUTUKSET JUOKSUNOPEUTEEN NUORILLA URHEILJOILA

Joni Ojala
2012

Toimeksiantaja Teuvan Rivakka ry

Ohjaajat Kalle-Pekka Tiihonen ja Petteri Pohja

Hyväksytty _____ 2012 _____

Työ on kirjastossa lainattavissa. / Työ on kirjastossa lukusallikappale.

Tekijä	Joni Ojala	Vuosi	2012
Toimeksiantaja	Teuvan Rivakka ry		
Työn nimi	Lineaarisen Ja Nonlineaarisen Kuormitusmallien Vaikutukset Juoksunopeuteen Nuorilla Urheilijoilla		
Sivu- ja liitemäärä	25 + 0		

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia nonlinearisen ja lineaarisen kuormitusmallin vaikutuksia juoksunopeuteen nuorilla urheilijoilla. Nonlineaarisen kuormitusmallin tukena ovat aiemmin havaitut positiiviset vaikutukset maksimivoimaharjoittelun puolelta.

Tutkimukseen osallistui kaksi viiden hengen ryhmää. Koehenkilöt olivat urheiluseurassa urheilevia noin 14 vuotiaita nuoria. Koehenkilöistä viisi olivat poikia ja viisi tyttöjä. Pituudeltaan he olivat $165,4 \pm 8,1$ cm ja painoltaan $51,1 \pm 8,6$ kg. Koehenkilöt arvottiin ryhmiinsä. Tutkimus alkoi alkutesteillä jonka jälkeen tuli kuukauden mittainen harjoittelujakso. Harjoittelujakson jälkeen oli lopputestit. Testit koostuivat paikoiltaan lähdettävästä 50 metrin maksimaalisesta juoksusta, josta mitattiin aikaa väleiltä 0 - 30 metriä ja 30 - 50 metriä.

Nonlineaarisen ryhmän keskiarvotulos paikoiltaan 30 metriä testissä parantui 0.03 sekuntia ($p=0,285$) ja lineaarisen ryhmän keskiarvotulos parantui 0.005 sekuntia ($p=0,715$). Nonlineaarisen ryhmän keskiarvotulos heikentyi lentävällä 20 metrin testillä 0,0275 sekuntia ($p=0,129$) ja lineaarisen ryhmän keskiarvotulos heikentyi 0.02 sekuntia ($p=1,000$). Molemmat harjoittelumallit saivat aikaan muutoksia, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Testituloksia ei voida pitää täysin luotettavina johtuen useista eri tutkimustuloksiin vaikuttaneista tekijöistä, joita ei otettu huomioon tutkimusta tehdessä. Tulokset herättävät kuitenkin kysymyksiä. Kehittyikö nonlinearisen ryhmän voima-arvot paremmin kuin lineaarisen ryhmän? Viitteitä edelliseen antaa nonlinearisen ryhmän paremmin kehittynyt juoksun kiihdytysvaihe, jossa vaaditaan tehoja. Toisaalta paremmin kehittyneet voima-arvot pakottavat muokkaamaan enemmän juoksutekniikkaa juoksun maksimaalisen nopeuden vaiheessa. Se taas saattaa näkyä hetkellisesti heikentyneenä juoksun maksiminopeutena.

Avainsana(t) pikajuoksu, juoksuharjoittelu, lineaarinen,
nonlineaarinen, kuormitusmalli, juoksunopeus

Author	Joni Ojala	Year	2011
Commissioned by	Teuvan Rivakka ry		
Subject of thesis	Effects of Linear And Nonlinear Periodization on Running Speed in Young Athletes		
Number of pages	25 + 0		

The purpose of this thesis was to study how nonlinear and linear periodization models affect running speed in young athletes. Earlier studies with strength and power training show positive effects of nonlinear periodization.

There were two groups in the study. Both groups consisted of 5 test subjects. All subjects were 14 years. Five of them were male and 5 female. The height of the subjects varied between $165,4 \pm 8,1$ cm and their weight was $51,1 \pm 8,6$ kg. The test subjects were randomly divided in their groups. The study started with a test followed by a month long training season. After the training season the same test that that started the study was conducted. The test used in this study was the 50m sprint. In the test time was measured from 0m to 30m and from 30m to 50m.

The mean time of 0m to 30m test got better in both groups. The nonlinear group got a better time by 0,03 seconds ($p=0,285$) and the linear group by 0.005 seconds ($p=0,715$). The mean time of 30m to 50m test got worse with both groups. The nonlinear group got a worse time by 0,0275 seconds ($p=0,129$) and the linear group by 0.02 seconds ($p=1,000$). Both periodization models had some effects on the running speed but the effects did not have statistical significance.

The results of the thesis were not completely reliable because of many reasons that affected the results and that were not taken into account during the study. However the results do raise some questions. Did the nonlinear periodization model develop more power than the linear periodization model? This question could be asked because the nonlinear group had better development in their acceleration phase of the sprint. To accomplish this you usually need a better power output. On the other hand, a better developed power output forces the maximal running speed technique to adapt to new power levels. If the adaptation is not done completely, it can show as a temporarily decreased maximal running speed.

Keyword(s) sprint, sprint training, linear, nonlinear, periodization model and running speed

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 PIKAJUOKSUN LAJIANALYYSI	2
2.1 LAJIN OMINAISPIIRTEET	2
2.1.1 <i>Biomekaniikka</i>	3
2.1.2 <i>Psykologia</i>	5
2.1.3 <i>Fysiologia</i>	6
3 KUORMITTAMINEN	8
3.1 LINEAARINEN KUORMITUSMALLI	9
3.2 NONLINEAARINEN KUORMITUSMALLI	10
4 TUTKIMUSONGELMAT	11
5 MENETELMÄT	12
5.1 KOEHENKILÖT	12
5.2 TUTKIMUSASTELMA JA TUTKIMUKSEN KULKU	12
5.3 MITTAUKSET	15
5.4 TILASTOLLISET ANALYYSIT	15
6 TULOKSET	16
7 POHDINTA	18
7.1 TÄRKEIMMÄT TULOKSET	18
7.2 TULOSTEN KRIITTINEN TARKASTELU	18
7.3 JOHTOPÄÄTÖKSET	21
LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

Ihmiskeho on hieno ja monimutkainen kokonaisuus jota usein yritämme muokata tarpeitamme vastaavaksi. Jokaisen keho on ainutlaatuinen ja siksi samat menetelmät tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi eivät välttämättä toimi kaikille (Hautala 2009, 30-33.) Karkeita malleja kuormituksen ja kehityksen suhteista voidaan kuitenkin luoda, koska niiden oletetaan toimivan valtaosalle ihmisistä. Esimerkiksi haluttaessa kehittää maksimivoimaa usein ohjeistetaan harjoittelemaan loppuunvietyjä 1-15 toiston sarjoja punttisalilla erilaisin liikkein. Lisäksi on pyrittävä progressiiviseen kehitykseen sarjojen vastuksissa harjoitusten välillä (Bompa 1983, 44; Kuipers ja Keizer 1988, 79-92.)

Maksimivoimaharjoittelupuolella on todettu harjoittelun kehittävän paremmin, kun harjoituksissa käytettävää vastusta ja kuormaa vaihdellaan ajoittain (Rhea & Alderman 2004, 413-422.) Tästä johtuen harjoittelussa käytettävää vastusta yleensä lisätään lineaarisesti harjoittelukauden aikana samalla, kun harjoituksissa käytettävää toistojen määrää lasketaan lineaarisesti. Näistä syistä edellämainitun kaltaisessa harjoittelussa voidaan sanoa käytettävän lineaarista kuormitusmallia.

Harjoittelukauden aikana voidaan pyrkiä nostamaan tai laskemaan harjoituksissa käytettävää vastusta jokaisen harjoituskerran välillä samoin kuin harjoituksissa käytettävää toistojen määrääkin. Harjoittelussa voidaan sanoa käytettävän nonlineaarista kuormitusmallia. Se on tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella yhtä kehittävää tai kehittävämpää kuin lineaarinen kuormitusmalli (Baker ym. 1994, 235-242; Rhea ym. 2002, 413-422.)

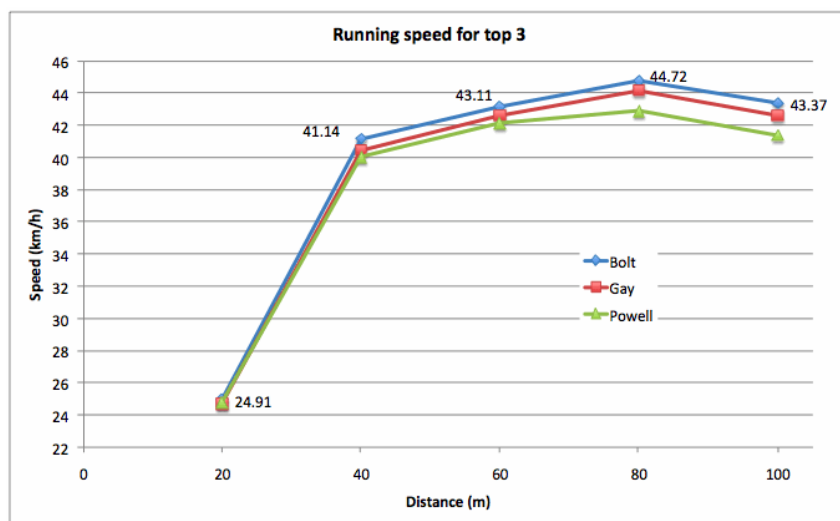
Haluttaessa kehittää juoksunopeutta kannattaa tarkastella pikajuoksua ja siinä tarvittavia ominaisuuksia. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuinka nonlineaarinen kuormitusmalli toimii juoksunopeuden kehittämiseen verrattuna lineaariseen kuormitusmalliin tässä tapauksessa nuorilla urheilijoilla.

2 PIKAJUOKSUN LAJIANALYYSI

Pikajuoksuharjoittelun suunnitteleminen vaatii paljon tietämystä lajin vaatimuksista. Lajin vaatimuksiksi voidaan sanoa lajin ominaispiirteiden ymmärtämistä sekä lajiin liittyvää biomekaniikkaa, fysiologiaa ja psykologiaa. Lajin vaatimuksia on muitakin, mutta edellämainitut aiheet ovat oleellisia opinnäytetyötä ajatellen.

2.1 Lajin ominaispiirteet

Pikajuoksuksi luokitellaan 400 metrin juoksu ja kaikki sitä lyhemmät juoksumatkat. Pikajuoksussa voidaan sanoa olevan kolme vaihetta: kiihdytysvaihe, maksimaalisen nopeuden vaihe ja nopeuden vähenemisen vaihe. Pikajuoksun luonne muuttuu merkittävästi pikajuoksuksi luokiteltavien matkojen ääripäissä, kun edellämainittujen pikajuoksun vaiheiden merkitys juoksussa muuttuu. Alla olevassa kuvassa (kuva 1) on Berliinin 2009 MM-kisojen miesten 100 metrin finaalin mitalikulmikon nopeudet 20 metrin välin. Kuvasta voi päätellä miten kiihdytysvaihe, maksimaalisen nopeuden vaihe ja nopeuden vähenemisen vaihe sijoittuvat 100 metrin juoksulle näillä huippujuoksijoilla. Nopeuskäyrä on kaikkilla pikajuoksumatkoilla peruspiirteiltään samanmuotoinen, ainoastaan eri vaiheiden osuudet kokonaisuudesta eroavat eri matkoilla (Volkov ja Lapin 1979, 332-337.) Jokatapauksessa maksimaalinen juoksunopeus on yhteinen merkityksellinen tekijä kaikissa pikajuoksussa ja sen kehittymistä tässä työssä on pääasiallisesti tarkoitus seurata.



Kuva 1 Berliinin 2009 MM-kisojen miesten 100 metrin juoksun finaalin mitalikulmikon nopeudet 20 metrin välin. (Kuva on otetty kyseisten kisojen viralliselta kotisivulta)

2.1.1 Biomekaniikka

Juoksunopeus on askeltiheyden ja askelpituuden tulo (Cavagna ym. 1971, 709-721.) Nopeus $[m \cdot s^{-1}] = \text{askeltiheys} [Hz] \cdot \text{askelpituus} [m]$

Juoksunopeutta voidaan siis lisätä parantamalla toista tai molempia elellämainituista tekijöistä. Alkuvaiheessa suuremmassa osassa on askelpituuden kasvattaminen ja loppuvaiheessa taas askeltiheyden kasvattaminen (Farley ja Gonzales 1996, 181-186.)

Askeltiheys muodostuu lentoajasta ja askeleen kontaktiajasta. Lentoajan aikana juoksunopeuteen ei suoranaisesti voida vaikuttaa ilmanvastusta lukuunottamatta Newtonin ensimmäiseen lakiin perustuen. Lentoajan toiminta kuitenkin lopulta vaikuttaa askelpituuteen ja kontaktin onnistumiseen. Se kuinka kontaktiin tullaan on tärkeää. Huippupikajuoksijat eivät myöskään heilauta jalkojaan nopeammin ilmassa seuraavaa askelta varten kuin hitaammat juoksijat huolimatta heidän nopeammista lihassoluistaan. Askeltiheyteen eniten vaikuttava tekijä maksimaalisessa juoksunopeudessa on kontaktiaika, joka pienenee juoksunopeuden kasvaessa (Weyand ym. 2000, 1991-1999.)

Kontaktiaika on jalan maassaoloaika ja sen voidaan sanoa koostuvan jarruttavasta ja työntävästä vaiheeseesta. Jarruttava ja työntävä vaihe voidaan määritellä juoksijan painopisteen vertikaalisen liikkeen muutoksen tai horisontaalisen reaktiovoiman muutoksen mukaan. Jarrutusvaihe alkaa heilahtavan jalan osuessa maahan painopisteen edelleen tippuessa tai horisonttaalisten reaktiovoimien muuttuessa negatiivisiksi. Työntövaihe alkaa, kun painopiste aloittaa nousevan liikkeen tai horisontaalinen reaktiovoima muuttuu positiiviseksi. (Mero ym. 1986, 553-561.) Jarrutusvaiheessa sananmukaisesti jarrutetaan juoksunopeutta ja jarrutuksesta syntyvä energia varastoituu juoksijan lihaksiin, jänteisiin, nivelsiteisiin ja jopa luihin. Työntövaiheessa jarrutusvaiheessa varastoitunut energia purkaantuu työntöä auttaen (Cavagna ym. 1964, 249-256; Alexander ym. 1988.)

Pikajuoksussa kontaktivaiheen aikana tuotetut keskimääräiset vertikaalivoimat ovat yli kaksi kertaa kehon painon suuruisia mutta niiden

huippuarvot voivat olla jopa viisi kertaa kehon painon suuruisia. Vertikaaliset voimat kasvavat lähes lineaarisesti nopeuden lisääntyessä (Weyand ym. 2000, 1991-1999). Juoksussa vertikaaliset voimat ovat keskimäärin 5-10 kertaa suurempia kuin horisontaaliset voimat (Munro & Miller 1987, 147-155.) Horisontaaliset voimat ovat merkitsevässä osassa kiihdytysvaiheessa, mutta tasaisen nopeuden vaiheessa jarruttavat ja kiihdyttävät impulssit ovat yhtä suuret, jos ilmanvastusta ei oteta huomioon (Roberts ja Scales 2002, 1485-1494; Harland ja Steele 1997, 11-20.) Sekä vertikaalinen että horisontaalinen voima kasvaa juoksunopeuden kasvaessa (Mero & Komi 1986, 553-561.) Tyypillinen kontaktiaika juoksun maksiminopeuden vaiheessa on vain 0,080 - 0,100 sekuntia ja edellämainitut kohtuullisen suuret kontaktissa esiintyvät voimat ovat mahdollisia tuottaa kyseisessä ajassa vain lihasten isometrisellä työllä (Mero ym. 1992, 376-392; Cavagna 2006, 4051-4060.)

Isometrinen lihastyötapo mahdollistaa maksinopeudella juostessa suuren voimantuoton ja hyvän taloudellisuuden. Juoksunopeuden kasvaessa lihaksen supistuvan komponentin tekemä työ vahenee progressiivisesti johtuen jänteiden suuremmasta suhteellisesta pituuden muutoksesta jarrutusvaiheessa ja voimantuottokyvyn pienentymisestä lihaksen lyhenemisnopeuden kasvaessa. Tämän vuoksi suurilla juoksunopeuksilla työntövaiheessa vapautettu mekaaninen energia koostuu käytännössä lähes kokonaan jarrutusvaiheessa kropan elastisiin osiin varastoituneesta energiasta. (Cavagna 2006, 4051-4060; Enoka 2002; Roberts ym. 1997, 1113-1115; Roberts & Scales 2002, 1485-1494.) Venytysrefleksillä on luultavasti voimantuottoa lisäävä merkitys tukivaiheen aikana (Komi ja Gollhofer 1997, 451-460.)

Huippupikajuoksijoilla nimenomaan suuremman askelpituuden on havaittu olevan ratkaiseva tekijä verrattuna keskinkertaisiin juoksijoihin (Ito ym. 2006, 35-39.) Huippujuoksijoilla välimatka painopisteen ja heilahtavan jalan alastulopisteen välillä on pienempi kuin hitaammilla (Mann ym. 1984, 17-33; Mann ym. 1985, 151-162.) Kasvanut askelpituus tulisi siis olla seurausta kasvaneista kontaktivoimista ja pienentyneistä kontaktiajoista. Kiihdytysvaiheessa kontaktiaika on pitempi, johtuen työntövaiheen suuresta roolista. Lentoaika ja askelpituus kasvaa kiihdytyksen edetessä ja

juoksunopeuden kasvaessa kontaktiaika lyhenee. (Munro ja Miller 1987, 147-155.)

Askelpituuden ja – tiheyden osatekijöitä tutkimalla havaittiin, että huippupikajuoksijoiden suuri askeltiheys ja – pituus voidaan saavuttaa vain tekniikalla, jossa on korkea horisontaalinopeus ja alhainen vertikaalinopeus työntövaiheessa. (Hunter ym. 2004, 261-271.) Tämä tukee aiempia tutkimuksia, joiden mukaan juoksussa tulisi suunnata resultanttivoima jarrutusvaiheessa mahdollisimman vertikaaliseksi ja työntövaiheessa horisontaaliseksi. Nopeammat juoksijat pystyvät suuntaamaan voimantuottoansa hitaampia juoksijoita optimaalisemmin enemmän eteenpäin (Mero ym. 1992, 376-392.)

Maksimaalisen juoksunopeuden vaiheessa ja nopeuden vähenemisvaiheessa lihastyö kontaktivaiheessa on käytännössä isometristä ja siksi taloudellista kun taas kiihtyvävaiheessa lihastyö on eksentris - konsentrista ja epätaloudellista. Pikajuoksun eri vaiheissa kontaktiajan ja lentoajan keskinäiset osuudet muuttuvat. Juoksijan voimantuottonopeus on merkityksellistä kiihtyvävaiheessa mutta vertikaalisten kontaktivoimien sietokyky määrittelee miten suureen nopeuteen kiihtyminen voi maksimaalisen nopeuden vaiheen siivittää (Roberts ym. 1997, 1113-1115; Roberts ym. 2002, 1485-1494; Cavagna 2006, 4051-4060.) Suurempi vertikaalisten voimien sietokyky maksimaalisen juoksun askelkontaktissa mahdollistaa kovemmat juoksunopeudet (Weyand ym. 2000, 1991-1999.)

2.1.2 Psykologia

Monissa tutkimuksissa todetaan, että psykososiaaliset taidot parantavat suorituskkyä urheilussa (Greenspan ja Feltz 1989, 219-236; Morris ja Thomas 2004, 137-164; Weinberg ja Comar 1994, 406-418.) Mutta psykososiaalisia taitoja täytyy harjoitella systemaattisesti, yksilöllisesti, monipuolisesti ja ajan kanssa, jotta saataisiin kehitystä aikaan (Meyers, Whelan ja Murphy 1996, 137-164.)

Tutkimukset olympiaurheilijoilla (Gould, ym. 1999, 371-394; Greenleaf ym. 2001, 154-184; Orlick ja Partington 1988, 105-130) jotka pystyivät

suoriutumaan kilpailusta heidän parhaalla tasollaan verrattuna heihin jotka eivät kyenneet, osoittavat onnistuneiden urheilijoiden luoneen suunnitelmia kilpailuihin, arvioivan suorituksiaan ja hallinneen kyvyn suoriutua häiriötekijöistä. Nämä urheilijat pystyivät suoriutumaan vastoinikäymisistä ja suorituskkyä rajoittavista ongelmista pysymällä suunnitelmissaan ja kykenemällä kanavoimaan jännityksensä ja huolensa positiivisesti suoritukseen. He olivat sitoutuneet täydellisesti saavuttamaan onnistumisen kilpailuissa. Lisäksi he asettivat joka päivä tavoitetta harjoitteluunsa, käyttivät harjoittelussaan kilpailunomaisia stimulaatioita ja käyttivät myös mielikuvitustaan säätelemään keskittymistään sekä kykenivät näkemään itsensä tekemässä onnistuneita suorituksia miellessään.

Hyödyllisiä psykologisia taitoja niin urheilijoille kuin valmentajille voisivat tutkimusten valossa siis olla vireystilan säätely, mielikuvitusharjoittelu (henkinen valmistautuminen), itseluottamuksen rakentaminen, motivaation ja sitoutumisen lisääminen, eli tavoitteiden asettelu, ja huomiokyvyn sekä keskittymisen säätely, eli itsepuhelu ja ajatuspolut (Thelwell ym. 2008, 38-53; Fourniers ym. 2005, 59-78; Calmels ym. 2003, 327-352.) Jokaista edellämainittua taitoa voidaan parantaa harjoittelun avulla. Ensin pitää kuitenkin ymmärtää mitä kyseiset taidot sisältävät ja miten niitä voidaan harjoittaa. Sitten kannattaa valita urheilijalle sopivat harjoitteet, joille varataan tarvittava määrä aikaa harjoittelussa. Tavoitteena voidaan pitää parantunutta todennäköisyyttä onnistua harjoituksissa ja kilpailuissa. Jotkut onnistuvat jotkut eivät, kyse ei ole aina sattumasta.

2.1.3 Fysiologia

Urheilusuorituksissa energia saadaan sekä kemiallisesta energiasta, että mekaanisesta energiasta. Kemiallisen energian lähteet voidaan jakaa välittömiin energialähteisiin ja välillisiin energialähteisiin. Välittömiä energian lähteitä ovat ATP (adenosiinitrifosfaatti) ja KP (kreatiinitrifosfaatti) ja välilliset lähteet ovat hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit (Mero ym. 1987.) Eri lajeissa energian saannin vaatimukset kohdistuvat energiantuoton nopeuteen tai riittävyyteen. Lyhyillä pikajuoksumatkoilla energiavarastojen koolla ei ole niinkään väliä vaan energiantuoton vaatimukset kohdistuvat energiantuoton nopeuteen eli anaerobiseen tehoon (Mero 2004.)

Lihäs tarvitsee supistuakseen ATP:tä. Elimistön ATP varastot ovat kuitenkin hyvin pieniä, joten sitä täytyy muodostaa koko ajan lisää. ATP:tä saadaan anaerobisien ja aerobisien energiantuottotapojen kautta. Anaerobiset energiantuottotavat ovat kuitenkin huomattavasti nopeampia kuin aerobiset. Kreatiinifosfaatti on nopein ja noin kaksi kertaa nopeampaa kuin anaerobinen glykolyysi ja jopa viisi kertaa nopeampaa kuin aerobinen energiantuotto (Mero 2004.) Kreatiinifosfaatti varastot ovat kuitenkin riittäviä toimimaan pääosassa vain alle 10 sekunnin suorituksissa jonka jälkeen pääasiallisen energiantuoton antaa anaerobinen glykolyysi (Mero ym. 1987.) Lyhyillä pikajuoksumatkoilla vallitsevat energiantuottojärjestelmät ovat kreatiinifosfaatti ja anaerobinen glykolyysi (Newsholme ym. 1992, 477-495.) Harjoittelun ja ravinnon avulla kreatiinifosfaattivarastoja voidaan kasvattaa juoksulle spesifisissä lihaksissa, ja näin parantaa suorituskykyä. Lisäksi on syytä huomioida harjoittelussa, että kreatiinifosfaatin varastoituminen tapahtuu pääasiasassa siinä lihassolutyypissä mitä harjoitetaan (Mero ym. 1987.)

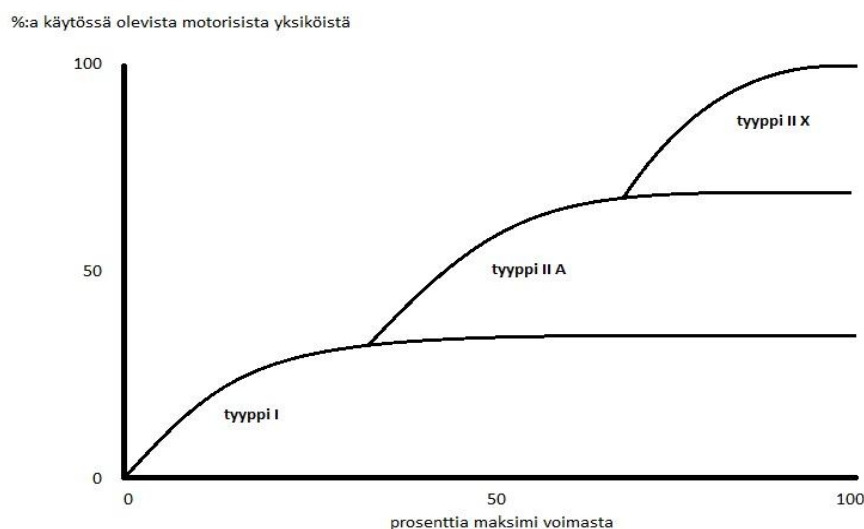
Aerobisen energian tuoton suhteellinen osuus 200 metrin ja ja 400 metrin juoksussa käytetystä energiasta on kuitenkin kohtuullisen suuri, kun tarkatellaan erästä tutkimusta (Spencer ja Gustin 2001.) Aerobisen energian tuoton suhteellinen osuus 200 metrin juoksussa oli tutkimuksessa $29 \pm 4\%$:a ja 400 metrin juoksussa $43 \pm 1\%$:a.

Nopeiden lihassolujen osuuden on havaittu korreloivan hyvin maksimaalisen juoksunopeuden kanssa (Mero ym. 1987.) Lisäksi nopeammilla pikajuoksijoilla lihassolujen pituuden on havaittu olevan suurempi kuin hitaammilla (Kumagai ym. 2000.) Myös lihaksen kyvyn varastoida ja vapauttaa elastista energiaa on osoitettu olevan luurankoliuksen kehittävässä oleva ominaisuus, ja se on vahvasti yhteydessä titiini-nimiseen proteiiniin, jonka jäykkyys näyttäisi mukautuvan harjoittelun vaatimuksiin (Lindstedt 2002, 2211-2216.)

3 KUORMITTAMINEN

Harjoittellessa kropan homeostaasi järkkyy ja sitä seuraavan levon aikana keho adaptoituu harjoittelurasituksen aiheuttamiin muutoksiin ja siten vahvemmaksi kuin ennen harjoitusta (Viru 1984, 219-227.) Harjoittelun täytyy muuttua tehokkaammiksi seuraaviin harjoituksiin jos halutaan kehittyä edellisistä harjoituksista (Bompa 1983, 44; Kuipers ja Keizer 1988, 79-92.) Harjoitteluärsykettä kannattaa vaihdella säännöllisesti ja sitä kautta pyrkiä progressiiviseen kehitykseen. Levon ja harjoittelun sopivaa tasapainoa on kuitenkin vaikea löytää. Sen löytäminen on hyvin tilanne- ja yksilökohtaista (Kuipers ja Keizer 1988, 79-92; Kuipers 1998, 1137-1139.)

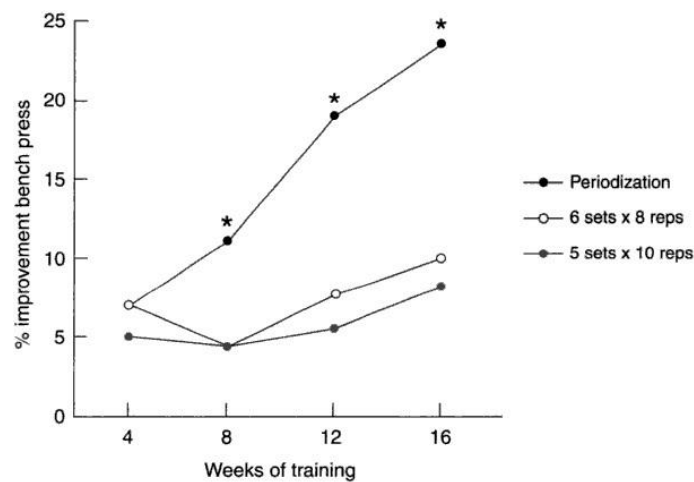
Harjoitteluärsykkeen vaihtelu mahdollistaa myös kropan tasapainoisen kuormittamisen. Tasaisen kuormittamisen selittämiseen on tärkeää ymmärtää teoria siitä miten motoriset yksiköt aktivoituvat tarpeen mukaan (Clamann ja Henneman 1976, 844-851; Henneman ym. 1974, 1338-1349; Lüscher ym. 1979, 859-861.) Lihassupistus alkaa motorisista yksiköistä jotka stimuloivat lihaksen lihassäikeitä. Lihassäikeet supistuvat järjestyksessä hitaista (tyyppi I) nopeimpaan (tyyppi II A ja tyyppi II X.) Hermostolihasjärjestelmä pyrkii tuottamaan tismalleen tarvittavan määrän voimaa tehtävään suoritukseen nähden (katso kuva 2.) Harjoittellessa kevyemmillä vastuksilla kaikki lihassäikeet eivät aktivoitu vaan lepäävät läpi harjoituksen. Tätä tietoa hyödyntämällä voidaan harjoittelu kohdistaa kropan niihin osiin mitkä ovat palautuneet niissä määrin, että niitä voidaan järkevästi harjoittaa kun taas kropan lepoa tarvitsevat osat saavat levätä harjoittelusta huolimatta.



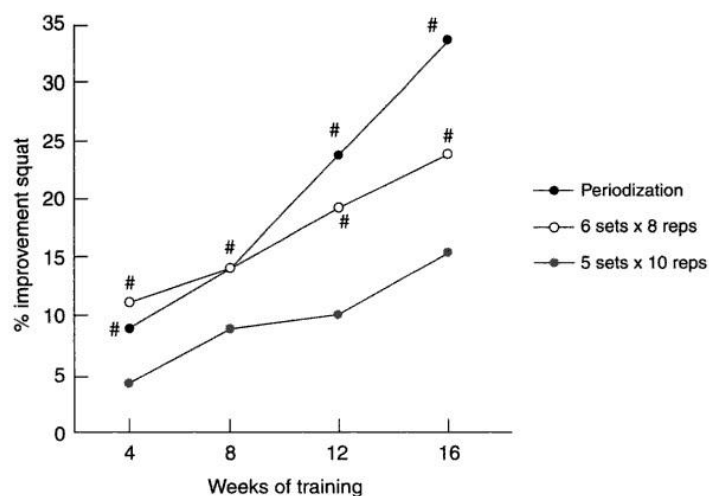
Kuva 2 Lihassolujen käyttöönotto lihaksessa käytettävän voiman kasvaessa. (Kraemer ja Fleck 2007)

3.1 Lineaarinen kuormitusmalli

Lineaarisen jaksottamisen malli on tieteellisesti todistettu monella tapaa paremmaksi kuin jaksottamaton harjoittelu, jossa harjoitukset eivät muutu (Rhea & Alderman, 2004, 413-422.) Kuvat 3 ja 4 ovat penkkipunnerruksen ja kyykyn ykkösmaksimin kehittymistä kuvaavat käyrät verrattaessa lineaarista jaksottamista ja jaksottamatonta harjoittelua. Kuvissa esiintyvät ryhmät harjoittelivat kolme kertaa viikossa. Lineaarisesti jaksotettava ryhmä (periodization) vaihtoi harjoitteluaan aina neljän viikon välin seuraavasti: 5x10RM, 6x8RM, 3x6RM ja 3x4RM. Jaksottamattomasti harjoittelevat ryhmät tekivät samaa hajoitusta alusta loppuun siten että toinen ryhmä teki 5x10RM sarjoja ja toinen 6x8RM sarjoja. Esimerkiksi 5x10RM tarkoittaa 5 kertaa 10 toiston maksimaalista sarjaa.



Kuva 3 Penkkipunnerruksen kehittyminen käyttäen erilaisia kuormitusmalleja. (Willoughby 1993)



Kuva 4 Jalkakyykyn kehittyminen käyttäen erilaisia kuormitusmalleja. (Willoughby 1993)

3.2 Nonlineaarinen kuormitusmalli

Näyttäisi siltä, että tämän hetkisen tiedon perusteella nopeiten kehitytään maksimivoimaharjoittelupuolella, kun harjoitusärsykeitä vaihdellaan mahdollisimman usein eli käytännössä pyritään pitämään kahden peräkkäisen harjoituksen ärsykkeet erilaisina (Baker ym. 1994, 235-242; Rhea ym. 2002, 413-422.) Lisäksi nonlinearisesta kuormitusmallista on myös muita etuja suhteessa lineaariseen kuormitusmalliin. Se mahdollistaa suuremman muuntelun harjoittelussa. Se helpottaa urheilijoita valitsemaan harjoituksia loukkaantumisten tai muiden harjoituskatkosten jälkeen. Se on mielenkiintoisempaa kuin samankaltainen harjoittelu toteutettuna päivittäin. Sitä voi muuttaa helpommin pakottavien syiden seurauksesta. Se mahdollistaa säännöllisemmän levon nopeille lihassouluille.

Harjoittelussa käytetään 6-harjoituspäivän kiertoa	
Maanantai 4 sarjaa 12-15RM	Maanantai 4-5 sarjaa 1-3RM
Keskiviikko 4 sarjaa 8-10RM	Keskiviikko Nopeusvoima päivä
Perjantai 3-4 sarjaa 4-6RM	Perjantai 2 sarjaa 12-15RM
Aktiivista palautumista 2-3 viikon ajan 16 viikon harjoittelujakson jälkeen	

Kuva 5 Esimerkki kahden viikon harjoittelujaksosta jota toistetaan harjoittelussa 16 viikon ajan (Kraemer ja Fleck 2007)

4 TUTKIMUSONGELMAT

Kehittääkö nonlinearinen kuormittaminen pikajuoksuharjoittelussa juoksunopeutta yhtä hyvin tai paremmin kuin lineaarinen kuormittaminen, kuten se tekee voimaharjoittelun puolella?

Kehittääkö nonlinearinen kuormittaminen pikajuoksuharjoittelussa juoksunopeutta yhtä hyvin tai paremmin kiihdytysvaiheessa tai maksimaalisennopeudenvaiheessa verrattuna nonlineariseen kuormittamiseen?

5 MENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt

Koehenkilöitä oli yhteensä 10, joista oli 5 poikia ja 5 oli tyttöjä. Iältään he olivat 14 ± 1 vuotta vanhoja urheilevia nuoria. Pituudeltaan he olivat $165,4 \pm 8,1$ senttimetriä ja painoltaan $51,1 \pm 8,6$ kilogrammaa.

5.2 Tutkimusastelma ja tutkimuksen kulku

Tutkimuksen testit suoritettiin sisähallissa ja harjoittelujakso sisähallissa, koulun liikuntasalissa, punttisalilla ja ulkona eri olosuhteissa. Tutkimuksen ajankohta oli syyskuun 2011. Koehenkilöille kerrottiin vain tuleva tapahtumien kulku tutkimusta aloitettaessa ja heidän suostumuksensa tutkimukseen tehtiin suullisesti ennen tutkimusta.

Juoksun biomekaniikan teoriaa opetettiin koehenkilöille juoksuharjoitusten yhteydessä. Opetus pyrittiin pitämään yksinkertaisena, lyhyenä ja selkeästi ymmärrettävänä. Opetusta tukien teetettiin oheisharjoitteita juoksuharjoituksissa. Pääpaino pidettiin kuitenkin juoksemaan oppii juoksemalla periaatteessa.

Tutkimuksen harjoittelujaksolla käytiin yhteisesti tapahtumia ennalta läpi ja pohdittiin tulevaa vaadittavaa kehitystä. Mielikuvitusharjoittelua (henkinen valmistautuminen) ja sitoutumisen lisäämistä (tavotteiden asettelua) käytettiin tutkimuksessa. Harjoittelujaksolla pyrittiin pitämään myös yllä positiivista, kannustavaa ja luottavaista ilmapiiriä, jotta koehenkilöiden itseluottamus kohenisi. Vireystilan säätelyn ja keskittymiskyvyn säätelyn perusteiden opettamiseen koehenkilöille ei ollut aikaa ja niitä ei tutkimuksessa käytetty.

Fysiologiaa harjoitettaessa pyrittiin lisäämään energia-aineenvaihdunnan järjestelmien (kreatiinifosfaatti ja anaerobinen glykolyysi) energiavastojen kokoa voimaharjoittelun avulla. Samalla yritettiin parantaa maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksia voimaharjoittelun avulla.

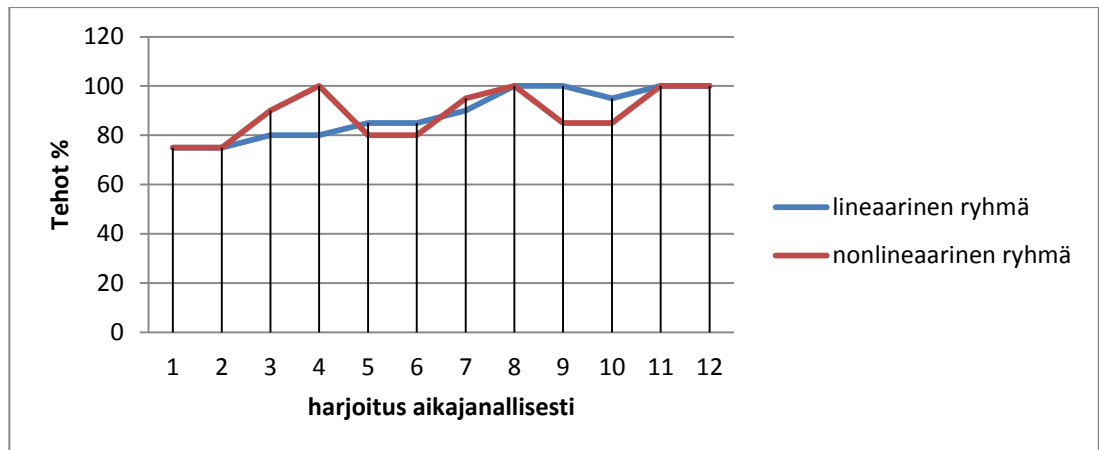
Tutkimus alkoi alkumittauksilla ja harjoittelujakso alkoi välittömästi seuraavana päivänä alkumittauksista. Harjoitukset pidettiin kolmena päivänä viikossa maantaisin tai tiistaisin, keskiviikkoisin ja lauantaisin, koska nämä

päivät sopivat koehekilöille parhaiten. Tutkimuksen toisella viikolla lauantain harjoitukset jouduttiin jättämään väliin koehekilöiden urheiluleirin vuoksi. Tutkimus päättyi kahden lepopäivän jälkeen viimeisistä harjoituksista loppumittauksiin. Koehekilöt saivat harrastaa muuta liikuntaa tutkimuksen harjoituspäivien väleissä omien tarpeidensa mukaan mikä vääristää jonkin verran tuloksia mutta ilman tätä vapautta koehekilöt eivät olisi voineet suorittaa tutkimusta lainkaan. Koehekilöiden muun liikunnan määrää ei kartoitettu tutkimuksessa mitenkään.

Taulukko 1, taulukossa on tutkimuksen kulku. Keltaisella on yliviihattu ne harjoitukset, joiden kuormittavuutta on pyritty laskemaan tarvittaessa kilpailujen tai leirityksen vuoksi.

		Tiistai	Keskiviikko	Lauantai
viikko 46	ryhmä1	alkutestit	voima1	juoksu1
	ryhmä2	alkutestit	voima1	juoksu1
viikko 47	ryhmä1	juoksu2	voima2	
	ryhmä2	juoksu4	voima5	
viikko 48	ryhmä1	juoksu3	voima3	juoksu4
	ryhmä2	juoksu2	voima2	juoksu5
viikko 49	ryhmä1	voima4	voima5	juoksu5
	ryhmä2	voima4	voima3	juoksu3
viikko 50	ryhmä1	juoksu6	voima6	lopputestit
	ryhmä2	juoksu6	voima6	lopputestit

Tutkimukseen kuului kaksi ryhmää (lineaarinen [1] ja nonlineaarinen [2]). Koehekilöt jaettiin ryhmiin arpomalla tytöt ja pojat erikseen tasaisesti molempiin ryhmiin. Mollemmat ryhmät tekivät samat harjoitukset harjoittelukaudella mutta eri järjestyksessä. Harjoituksia oli yhteensä kaksitoista, joista kuusi oli juoksuharjoituksia, kolme perusvoimaharjoituksia ja kolme nopeusvoimaharjoituksia. Lineaarinen ryhmä harjoitteli aloittaen matalenpi tehoisista harjoituksista ja siirtyi lineaarisesti tehokkaampiin harjoituksiin aina täysi tehoisiin harjoituksiin saakka. Nonlineaarinen ryhmä sekoitti harjoituksia siten että tehot harjoitusten välillä vaihtelivat enemmän mutta tehojen nousujohteinen trendi kuitenkin säilyi. Koehekilöiden harjoituksissa käytettäviä tehoja pyrittiin arvioimaan laskennallisesti arvioituun maksimisuoritukseen nähden ja tarvittaessa ohjeistamaan tehojen noustamisessa tai laskemisessa.



Kuva 6 Kuvaan on merkitty harjoitusten tavoitetehtot harjoituskerroittain.

Kaikki koehenkilöt eivät olleet paikalla jokaisessa 12 harjoituksessa. Lineaarisen ryhmän jäsenistä kaksi osallistui harjoituksiin 11 kertaa, yksi 10 kertaa, yksi 8 kertaa ja yksi ei yhtään kertaa. Nonlineaarisen ryhmän jäsenistä kaksi osallistui harjoituksiin 11 kertaa, yksi 10 kertaa, yksi 9 kertaa ja yksi 7 kertaa. Koska yksi lineaarisen ryhmän jäsen ei osallistunut yhteenkään tutkimuksen harjoitukseen ei hänen tuloksia ole merkityksellistä ottaa huomioon tutkimuksessa.

Taulukko 2 Koehenkilöiden harjoituksiin osallistumiset. (T1 = tyttö1 jne, P1 = poika1 jne, R1 = ryhmä1, R2 = ryhmä 2, J1 = juoksuharjoitus1 jne, V1 = voimaharjoitus1 jne.)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	V1	V2	V3	V4	V5	V6
T1 R1	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
P1 R1	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
P2 R1		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
T2 R1		X	X	X				X	X	X	X	X
P3 R1												
T3 R2	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
P4 R2	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
T4 R2	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
P5 R2	X	X	X	X	X	X			X	X		X
T5 R2	X		X		X		X	X	X		X	

5.3 Mittaukset

Tutkimuksessa käytettiin Kuortaneen urheiluopiston inegroituja ajanottoon tarkoitettuja valokennoja. Alkumittaukset suoritettiin illalla noin kello 19.00 - 19.20 ja loppumittaukset suoritettiin aamulla noin kello 10.00 – 10.20. Pikajuoksun kehittymistä seurattiin maksimaalisella 50 metrin juoksutestillä joka suoritettiin alku- ja lopputesteissä kolme kertaa peräkkäin per henkilö ja paras tulos kolmesta otettiin huomioon. Palautusta juoksujen välissä oli 3 – 6 minuuttia. Aikaa mitattiin juoksun väleiltä 0 – 30 metriä ja 30 – 50 metriä. Starttiviiva oli aina 0,55 metrin päässä ensimmäisestä ajanottokennosta. Ajanottokennot toimivat kahdella säteellä kukin joista alempi on noin 98 senttimetrin korkeudella ja ylempi noin 115 senttimetrin korkeudella.

Molempien kennon valonsäteiden täytyy leikkaantua yhtäaikaaisesti ajanottamiseksi. Tämä laskee ajanoton virhemarginaaleja merkittävästi, koska raajojen asennot kennojen kohdalla eivät merkitse niin paljoa ajanottoon. Lähtö juoksutestissä tapahtui pystylähdöllä ja liikkumattomasta asennosta. Juoksusta saatiin niin sanottu paikoiltaan 30 metrin juoksun aika joka kuvastaa hyvin pikajuoksun kiihdytysvaihetta sekä niin sanottu lentävä 20 metrin juoksun aika joka kuvastaa hyvin juoksun maksimaalisen nopeuden vaihetta.

5.4 Tilastolliset analyysit

Tilastollisiin analyyseihin käytettiin SPSS – ohjelmaa (versio 17.0). Muuttujille laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Tilastolliset merkitsevyydet ryhmän sisällä tapahtuvista muutoksista ovat laskettu Wilcoxonin kahden toisistaan riippuvan muuttujan testillä. Tilastolliset merkitsevyydet on merkitty tuloksiin symboleilla * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$ ja *** = $p < 0,001$.

6 TULOKSET

Tutkimuksen tulosten muutokset alkutesteistä lopputesteihin olivat odotetusti pieniä. Lopputestien tulokset näyttivät kokonaisuudessaan olevan hieman heikompia kuin alkutestien tulokset mikä oli yllättävää. Toisaalta pikajuoksu on herkkä laji tulostasoa ajatellen, koska niin monet asiat vaikuttavat tulokseen. Lisäksi tutkimuksen kesto ajallisesti oli niin pieni, että merkittävää juoksunopeuden kehittymistä ei voitu edes olettaa tapahtuvaksi. Taulukoissa 3 sekä 4 on esitetty juoksutulokset ryhmien keskiarvoina ja taulukossa 5 yksilökohtaisesti.

Taulukko 3 Alku – ja lopputestien sekä ryhmien väliset keskiarvot ja keskihajonnat lentävällä 20m testillä ja paikoiltaan 30m testillä.

A20R1 = alkutestit/lentävä 20m/ryhmä1 eli lineaarinen ryhmä
L30R2 = lopputestit/paikoiltaan 30m/ryhmä2 eli nonlineaarinen ryhmä

	N	Min arvo	Max arvo	Keskiarvo	Keskihajonta
A20R1	4	2,36	2,79	2,5625	,20156
L20R1	4	2,37	2,85	2,5675	,22633
A30R1	4	4,37	4,90	4,6450	,23951
L30R1	4	4,35	4,91	4,6250	,27635
A20R2	5	2,52	2,82	2,6820	,13198
L20R2	5	2,53	2,87	2,7120	,13864
A30R2	4	4,59	5,00	4,8150	,17483
L30R2	4	4,59	5,02	4,7875	,18337

Taulukko 4 Ajallinen muutos sekunneissa alkutesteistä lopputesteihin ryhmien keskiarvojen osalta. Tilastollisesti merkittävä ero alku- ja lopputestien välillä on merkitty symboleilla: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$ ja *** = $p < 0,001$.

	paikoiltaan 30 metriä	lentävä 20 metriä
Ryhmä 1	-0,0200	+0,0050
Ryhmä 2	-0,0275	+0,0300

Taulukko 5 Alku- ja loppumittausten tulokset sekunneissa sekä testikertojen välinen muutos ryhmittäin. Vasemman puoleisessa sarakkeessa kerrotaan koehenkilön tiedot (T1 = tyttö1 jne, P1 = poika1 jne, R1 = ryhmä1, R2 = ryhmä 2).

	alkutesti paikoiltaan 30m	lopputestit paikoiltaan 30m	muutos testien välillä	alkutestit lentävä 20m	lopputestit lentävä 20m	muutos testien välillä
T1 R1	4,78	4,81	+0,03	2,67	2,65	-0,02
T2 R1	4,90	4,91	+0,01	2,79	2,85	+0,06
P1 R1	4,53	4,35	-0,18	2,43	2,40	-0,03
P2 R1	4,37	4,43	+0,06	2,36	2,37	+0,01
T4 R2	4,53	ei saatu tulosta	ei voi todeta	2,52	2,53	+0,01
T3 R2	4,78	4,71	-0,07	2,69	2,68	-0,01
T5 R2	5,00	5,02	+0,02	2,80	2,87	+0,07
P4 R2	4,59	4,59	0	2,58	2,65	+0,07
P5 R2	4,89	4,83	-0,6	2,82	2,83	+0,01

Ryhmän 1 tuloskehitys lentävässä 20 metrin testissä ($p=1,000$) ja paikoiltaan 30 metriä testissä ($p=0,715$) ei ollut tilastollista merkitsevyyttä käytettäessä Wilcoxonin kahden toisistaan riippuvan muuttujan testiä. Samaa testiä käytettäessä myöskään ryhmän 2 tuloskehitys lentävässä 20 metrin testissä ($p=0,129$) ja paikoiltaan 30 metriä testissä ($p=0,285$) ei ollut tilastollisesti merkitsevää.

Kun molempien testien keskiarvoajan kehittyminen lasketaan yhteen ryhmittäin, saadaan tulokseksi paikoiltaan 50 metrin juoksutestin keskiarvoajan muutos alkutesteistä lopputesteihin. Lineaarisen ryhmän tuloskehitys oli 50 metrin juoksutestissä -0,015 sekuntia ja nonlinearisen ryhmän tuloskehitys oli +0,0025 sekuntia. Lineaarisen ryhmän keskiarvoaika kehittyi siis 0,0175 sekuntia paremmin kuin nonlinearinen ryhmän keskiarvoaika 50 metrin juoksutestissä alkumittauksista loppumittauksiin.

7 POHDINTA

7.1 Tärkeimmät tulokset

Molempien ryhmien paikoiltaan 30 metriä testin keskiarvotulokset paranivat alkutesteistä lopputesteihin. Nonlineaarisen ryhmän kehitys oli hiukan suurempaa edellämainitussa testissä. Molempien ryhmien lentävä 20 metriä testin keskiarvotulokset huononivat alkutesteistä lopputesteihin. Lineaarisen ryhmän tulosten heikentyminen lentävässä 20 metrin testissä oli pienempää kuin nonlinearisen ryhmän. Nonlinearisen ryhmän testitulosten muutokset juoksun kiihdytysvaiheessa ja maksimaalisen nopeuden vaiheessa vaihtelivat siis kummassakin enemmän kuin lineaarisen ryhmän tulokset. Tarkasteltaessa 50 metrin maksimaalisen juoksun kokonaisaikaa lineaarinen ryhmä paransi aikaansa alkutesteistä lopputesteihin kun taas nonlinearinen ryhmä heikensi aikaansa hieman.

7.2 Tulosten kriittinen tarkastelu

Tutkimuksessa oli monia asioita, joita kehittämällä tutkimus olisi palvellut paremmin tarkoitustaan. Sopivia koehenkilöitä oli kuitenkin todella hankala löytää ja aikataulu tutkimuksen tekemiseen oli osaltani erittäin rajallinen. Vastaavan kaltaisia tutkimuksia tehdessä täytyisi koehenkilöiden sitoutua kuukausi palvelemaan tutkimuksen tarkoitusta. Koehenkilöillä olisi suotavaa myös olla voimaharjoittelu taustaa, jotta he voivat harjoitella tarkoituksen mukaisesti. Lisäksi vastaavan kaltaisten tutkimuksen tekeminen vaatisi todella hyvää valmistautumista, jotta totuudenmukaisia tuloksia saataisiin aikaan.

Tarkkoja käytettyjä tehoja tutkimuksen harjoituksissa oli mahdotonta määrittää johtuen useista eri tekijöistä mutta tehojen nousua ja laskua voima- ja juoksuharjoituksissa harjoituskertojen välillä on mahdollista arvioida juoksunopeutta, vastusten määrää tai loikan/hypyn pituutta/korkeutta seuraamalla harjoituskerroittain. Näitä keinoja käytettiin aina, kun se oli mahdollista mutta esimerkiksi juoksuharjoituksissa ei ollut aina mahdollista määrittellä tarkkoja juoksumatkoja saatika käyttää riittävän tarkkaa ajanottomenetelmää. Lisäksi juoksut tehtiin eri alustoilla ja erilaisilla jalkineilla eri lämpötiloissa, jolloin kengänpohjan ja maan väliset pito-ominaisuudet vaihtelivat merkittävästi juoksuharjoitusten välillä ja siten vaikuttivat

juoksunopeuden ja käytettyjen tehojen suhteeseen. Juoksuharjoituksissa todelliset käytetyt tehot olivat siis pitkälti yhden tai useamman henkilön arvioita. Heidän arviot perustuivat kuitenkin pitkäaikaiseen juoksuharjoittelun seurantaan ja sen perusteella voidaan sanoa juoksuharjoitusten tehojen olleen suurinpiirtein tarkoituksen mukaisia. Nopeusvoimaharjoituksissa tehot olivat aina ohjeistettu täysiksi mutta se, että saivatko koehenkilöt itsestään kaiken irti on eri asia. Nopeusvoimaharjoituksissa kuitenkin pyrittiin käyttämään apuna kilpailua ja muuta psyykkausta kaikkien tehojen irti saamiseksi. Punttisaliharjoituksissa voidaan sanoa tehojen olleen tarkoituksen mukaisia, koska vastusten määrää on helppo määritellä lisäämällä tai poistamalla painoja. Punttisaliharjoittelua kuitenkin haittasi se, että koehenkilöillä ei ollut voimaharjoittelu taustaa ja se, että he olivat kasvuiässä, joka täytyi tietenkin ottaa huomioon tehoja asetettaessa.

Tutkimuksen harjoittelujakso kesti noin kuukauden joka on todella lyhyt aika yrittäessä kehittää juoksunopeutta. Harjoittelujakson pidentäminen suurempien kehittymisen erojen saamiseksi olisi aiheellista. Jos tarkastellaan johdanto-osion maksimivoiman kehittymisen tutkimuksia ja tiedetään, että voiman lisäyksen lisäksi täytyy saatua voimaa pyrkiä vielä muokkaamaan paremmaksi juoksunopeudeksi joka vaatii myös oman aikansa niin voidaan sanoa, että kuukausi on liian lyhyt aika tutkia järkevästi juoksunopeuden kehittymistä.

Yleisurheilussa harjoittelukausi perusharjoittelukaudesta kilpailukauteen kestää noin 4-7 kuukautta. Jos lineaarista ja nonlineaarista kuormitusmallia testattaisiin kyseisellä aikavälillä pikajuoksuharjoitteluun niin nonlineaarisen ja lineaarisen kuormitusmallin väliset erot tulisivat selvemmin esille. Kuukauden aikana 75%:n tehoista maksimiin nähden siirtyminen 100%:iin on kuitenkin melko nopea muutos verrattuna saman suuruiseen tehojen muutoksen esimerkiksi 4 kuukauden aikana. Olisikin järkevää tehdä tutkimus ajallisesti todenmukaisten harjoittelukausien mittaisena.

Koehenkilöt olivat teini-ikäisiä, joiden luonnollinen kehittyminen vaihtelee merkittävästi kyseisessä iässä yksilöiden välillä. Yksilöiden luonnollisesta kehityksestä saatua hyötyä ei voitu arvioida voiman ja juoksunopeuden

kehittymisessä. Olisikin järkevämpää toteuttaa vastaava tutkimus kokeneemmilla urheilijoilla, jotka pystyvät kontrolloimaan omaa kokonaistekemistään paremmin.

Koehenkilöiden tekemisiä ei rajoitettu harjoitusjakson harjoitusten välisenä aikana, joka mahdollisti lineaarisen ryhmän (ryhmä 1) harjoittelutehojen suuretkin vaihtelut harjoittelujakson aikana. Tutkimuksessa ei siis voida sanoa varmasti lineaarisen ryhmän harjoittelun olleen täysin lineaarista mutta sen voidaan sanoa olleen suurella todennäköisyydellä lineaarisempaa kuin nonlinearisen ryhmän (ryhmä 2) harjoittelu. Koehenkilöiden suurempi sitoutuminen tutkimukseen olisi myös erittäin tarpeellista. Tutkimukseen sitoutumisesta puheenollen lisäksi harjoituksista pois jäännit vaikuttivat myös tutkimustuloksiin. Mitä enemmän koehenkilöt ovat poissa tutkimuksen harjoituksista sitä huonommin tutkimus palvelee tarkoitustaan.

Alku- ja loppumittausten suoritusajankohdat päivästä vaikuttivat mittaustuloksiin mutta eivät vaikuttaneet ryhmien väliseen vertailuun. Testejä ei ollut tässä tapauksessa mahdollista suorittaa samana ajankohtana päivästä johtuen lopputestien jälkisestä urheilutapahtumasta, johon koehenkilöt osallistuivat ja kaikkien tutkimuksiin osallistuneiden henkilöiden aikataulujen yhteensovittamisesta.

Lisäksi loppumittauksissa testeihin valmistautumiseen oli vähemmän aikaa josta johtuen koehenkilöiden suorituskyyky ei välttämättä ollut suhteessa samanlainen kuin alkumittauksissa. Valmistautumisella on suuri merkitys suorituskyykyyn. Jo pelkästään ruummin lämmön muutokset vaikuttavat merkittävästi suorituskyykyyn. Jatkoa ajatellen olisi järkevää vakioida valmistelut testeissä.

Alku ja loppumittauksissa ei varmistettu koehenkilöiden levänneisyystason olevan samanlaista koehenkilöiden välillä eikä saman henkilön kohdalla tutkimusten välillä. Jos koehenkilön levänneisyystasossa oli eroja alku- ja loppumittausten välillä sekä suhteessa muihin koehenkilöihin niin sekin saattoi vaikuttaa mittaustuloksiin ja siten antaa epätodenmukaisia tuloksia. Tutkimusta suunnitellessani olisi pitänyt kiinnittää suurempaa huomiota alku-

ja loppumittausta edeltävään aikaan ja siten saada aikaan vakioidummat olosuhteet mittauksiin.

7.3 Johtopäätökset

Tutkimustulokset olivat yllättäviä etenkin lentävän 20 metriä testin osalta. Molempien ryhmien keskiarvotulokset huononivat alkutesteistä lopputesteihin mitä en odottanut tapahtuvan. Herää kysymys, että voisiko suurempi muutos voima-arvoissa nonlinearisen ryhmän hyväksi sotkea hetkellisesti maksimaalisen juoksun vaiheen juoksutekniikkaa, koska kehittyneet voima-arvot vaativat myös juoksuun biomekaanisia muutoksia kehittääkseen maksimaalista juoksunopeutta. Lisäksi kannattaa pohtia kehittykö nonlinearisen ryhmän maksimaalinen juoksunopeus lineaarista ryhmää paremmin pienellä viiveellä, kun juoksutekniikka vihdoin adaptoitunuu toimimaan uusien voima-arvojen kanssa. Edellä mainittua teoriaa tukee myös nonlinearisen ryhmän paremmin kehittynyt paikoiltaan 30 metriä testi, jossa vaaditaan suurta voimantuottokykyä.

Jatkotutkimuksia ajatellen kannattaa ottaa huomioon tulosten kriittistä tarkastelua koskeva osio. Vastaavankaltaiseen tutkimukseen kannattaa myös lisätä voima-arvojen kehitystä mittaavat testit. Lisäksi kannattaa pohtia kauanko maksimaalisen nopeuden juoksutekniikkaan kuluu aikaa, kunnes se adaptoituu uusiin parempiin voima-arvoihin.

LÄHTEET

- Alexander, R. McN. 1988. Elastic Mechanisms in Animal Movement Cambridge: Cambridge University Press.
- Baker, D., Wilson, G., Carlyon, R. 1994. Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research* 8, 235-242
- Berliinin 2009 MM-kilpailujen viralliset kotisivut. Miesten 100 metrin juoksun finaalin mitalikolmikron nopeudet 20 metrin välein. Internetosoitteessa:
http://berlin.iaaf.org/mm/Document/Development/Research/05/30/83/20090817081546_httppostedfile_wch09_m100_final_13529.pdf (26.1.2012)
- Bomba, T.O. 1983. Theory and methodology of training. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa
- Calmels, C., d'Arripe-Longueville, Fournier, J., Soulard, A. 2003. Competitive strategies among elite female gymnasts: An exploration of the relative influence of psychological skills training and natural learning experiences. *International Journal of Sport and Exercise Psychology* 1, 327-352.
- Cavagna, G.A., Saibeebe, F.P., Margaria, R. 1964. Mechanical work in running. *Journal of Applied Physiology* 19, 249–256
- Cavagna, G.A., Komarek, L., ja Mazzoleni, Stefania 1971. The mechanics of sprint running. *Journal of Physiology* 217, 709-721.
- Cavagna, G. A. 2006. The landing–take-off asymmetry in human running. *The Journal of Experimental Biology* 209, 4051-4060
- Clamann, H.P., Henneman, E. 1976. Electrical measurement of axon diameter and its use in relating motoneuron size to critical firing level. *Journal of Neurophysiology* 39, 844-851.
- Enoka, R. 2002. Neuromechanics of human movement. Champaign, IL: Human kinetics.
- Farley, C.T. Gonzalez, O. 1996. Leg stiffness and stride frequency in human running. *Journal of Biomechanics* 29, 181-186.
- Fourniers, J., Calmels, C., Durand-Bush, N., Salmela, J. 2005. Effects of season-long PST program on gymnastic performance and psychological skill development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology* 3, 59-78.
- Gould, D., Guinan, D., Greenleaf, C, Medbery, R., Peterson, K. 1999. Factors affecting Olympic performance. Perceptions of athletes and coaches from more and less successful teams. *The Sport Psychologist* 13, 371-394.

- Greenleaf, C., Gould, D., Dieffenbatch, K. 2001. Factors influencing Olympic performance: Interviews with Atlanta and Nagano U.S. Olympians. *Journal of Applied Sport Psychology* 13, 154-184.
- Greenspan, M.J., Feltz, D.F. 1989. Psychological interventions with athletes in competitive situations: A review. *The Sport Psychologist* 3, 219-236.
- Harland, M.J., Steele, J.R. 1997. The biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine* 23, 11-20.
- Hautala, A. 2009. Liikunta ja Tiede. Samanlainen harjoittelu - yksilöllinen harjoitusvaste 2-3, 30-33.
- Henneman, E., Clamann, H.P., Gillies, J.D., Skinner, R.D. 1974. Rank order of motoneurons within a pool: Law of combination. *Journal of Neurophysiology* 37, 1338-1349.
- Hunter, J.P., Marshall, R.N., McNair, P.J. 2004 Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36, 261-271.
- Ito, A., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P.V. 2006. Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during the 100 meters. *New Studies in Athletics* 21, 35-39.
- Komi, P.V., Gollhofer, A. 1997. Stretch Reflexes Can Have an Important Role in Force Enhancement During SSC Exercise, *Journal of Applied Biomechanics* 13, 451-460.
- Kraemer W.J., Fleck, S.J. 2007. *Optimizing Strength Training*. p.68-74.
- Kuipers, H. Keizer, H.A. 1988. Overtraining in elite athletes. Review and directions for the future. *Sports Medicine* 6, 79-92
- Kuipers, H. 1998. Training an overtraining: an introduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 1137-1139
- Kumagai, K., Takashi, A., Brechue, W.F., Ryushi, T., Takano, S., Mizuno, M. 2000. *Journal of Applied Physiology* 88, 811-816
- Lindstedt, S.L., Reich, T.E., Keim, P., LaStayo, P.C. 2002. Do muscles act as adaptable locomotor springs? *The Journal of Experimental Biology* 205, 2211-2216.
- Luscher, H.R., Ruenzel, P., Henneman, E. 1979. How the size of motoneurons determines their susceptibility to discharge. *Nature* 282, 859-861.
- Mann, R.V. & Herman, J. 1985. Kinematic analysis of olympic sprint performance: Men's 200 meters. *International Journal of Sport Biomechanics* 1, 151-162.
- Mann, R.V., Kotmel, J., Johnson, B. & Schultz, C. 1984. Kinematic trends in elitesprinters. Teoksessa Terauds, J. et al (toim.) *Sports biomechanics: Proceedings of the international symposium of*

- biomechanics in sports. J Delmar California, Academic Publishers, 17-33.
- Mero, A. & Komi, P.V. 1986. Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of Applied Physiology* 55, 553-561.
- Mero A., Peltola E. & Saarela J. 1987. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä. Gummerus Oy. Mero Oy.
- Mero, A., Komi, P.V. & Gregor, R.J. 1992. Biomechanics of sprint running – A review. *Sports Medicine* 13, 376-392
- Mero A., Nummela A, Keskinen K & Häkkinen K 2004. Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy. Jyväskylä.
- Meyers, A.W., Whean, J.P., Murphy, S.M. 1996. Cognitive behavioral strategies in athletic performance enhancement. In Hersen, M., Miller, R.M., Belack, A.S. *Handbook of behavior modification* 30, 137-164. Pacific Grove, CA:Brooks/Cole.
- Morris, T., Thomas, P. 2004. Applied Sport Psychology. In Morris, T., Summers, J. *Sport psychology: Theory, applications, and issues* 2nd edition p. 235-277. Queensland, Australia: Wiley.
- Munro, C.F., Miller, A.J. 1987. Ground reaction forces in running: A reexamination. *Journal of Biomechanics* 2, 147-155.
- Newsholme, E.A., Blomstrand, E., Ekblom, B. 1992. Physical and mental fatigue: Metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *British Medical Bulletin* 48, 477-495.
- Orlick, T., Partington, J. 1988. Mental links to excellence. *The Sport Psychologist* 2, 105-130.
- Rhea, M.R., Vall, S.D., Phillips, W.T., Burkett, L.N. 2002. A comparison of linear and daily undulating periodized programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 75, 413-422.
- Rhea, M.R., Alderman, B.L. 2004. A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 75, 413-422
- Roberts, T.J., Marsh, R.L., Weyand, P.G. & Taylor, C.R. 1997. Muscular force in running turkeys: The economy of minimizing work. *Science*, 275, 1113-1115.
- Roberts, T.J., & Scales, J.A. 2002. Mechanical power output during running accelerations in wild turkeys. *The Journal of Experimental Biology* 205, 1485-1494.
- Spencer, M.R., Gatin, P.B. 2001. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33, 157-162.

- Thelwell, R.C., Weston, N., Greenlees, I., Hutchings, N. 2008. A qualitative exploration of psychological-skills use in coaches. *The Sport Psychologist* 22, 38-53.
- Viru, A. 1984. The mechanism of training effects: a hypotesis. *International Journal of Sports Medicine* 5, 219-227
- Volkov, N.I.,& Lapin, V.I. 1979. Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and Science in Sports* 11, 332-337
- Weinberg, R.S., Comar, W. 1994. The effectiveness of psychological interventions in competitive sports. *Sports Medicine* 18, 406-418.
- Weyand, P.G., Sternlight, D.B., Bellizzi, M.J. Wright, S. 2000. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology* 89, 1991-1999.
- Willoughby, D.S. 1993. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7, 2-8.